

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

DIALOG(R)File 351:Derwent WPI
(c) 2004 Thomson Derwent. All rts. reserv.

010918550 **Image available**

WPI Acc No: 1996-415501/ 199642

XRPX Acc No: N96-349805

Polarised analysis appts. e.g. polarisation mode-digitisation measuring device - has calculator which computes polarisation state of light based on each power value detected by several sensors and rotation angle of polarisation planar obtd. from polarisation generator

Patent Assignee: ANDO ELECTRIC CO LTD (ANDN)

Number of Countries: 001 Number of Patents: 001

Patent Family:

Patent No	Kind	Date	Applicat No	Kind	Date	Week
JP 8201175	A	19960809	JP 9511089	A	19950126	199642 B

Priority Applications (No Type Date): JP 9511089 A 19950126

Patent Details:

Patent No	Kind	Lan Pg	Main IPC	Filing Notes
JP 8201175	A		6 G01J-004/00	

Abstract (Basic): JP 8201175 A

The appts. has several polarisation generators (5,8,10) produces the polarisation based on the polarisation planar rotated mutually for every predetermined angle of each branch light. Several sensors (6,7,9,11) respectively detects each power value of polarisation obtained from the polarisation generators.

A light polarisation state based on each power value detected by several sensors and a rotation angle of the polarisation planar obtained from the polarisation generators is computed by a calculator (16).

ADVANTAGE - Measures wavelength dependence polarisation characteristic at higher speed.

Dwg.1/5

Title Terms: POLARISE; ANALYSE; APPARATUS; POLARISE; MODE; DIGITAL; MEASURE ; DEVICE; CALCULATE; COMPUTATION; POLARISE; STATE; LIGHT; BASED; POWER; VALUE; DETECT; SENSE; ROTATING; ANGLE; POLARISE; PLANE; OBTAIN; POLARISE; GENERATOR

Derwent Class: S03

International Patent Class (Main): G01J-004/00

File Segment: EPI

Manual Codes (EPI/S-X): S03-A02C

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平8-201175

(43)公開日 平成8年(1996)8月9日

(51)Int.Cl.⁶

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

G 0 1 J 4/00

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 6 頁)

(21)出願番号 特願平7-11089

(22)出願日 平成7年(1995)1月26日

(71)出願人 000117744

安藤電気株式会社

東京都大田区蒲田4丁目19番7号

(72)発明者 南 隆生

東京都大田区蒲田4丁目19番7号 安藤電気株式会社内

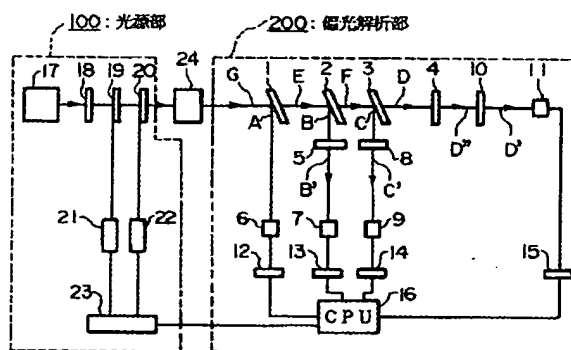
(74)代理人 弁理士 志賀 正武 (外2名)

(54)【発明の名称】 偏光解析装置および偏波モード分散測定装置

(57)【要約】

【目的】 従来の装置に比べて簡単な構成により、被測定光の偏光状態を高速で測定する。

【構成】 ビームスプリッタ1~4等により、解析対象たるレーザ光を4分岐させ、そのうち3個の分岐光を偏光子5, 8, 10を通過させ、レーザ光および各偏光子の出射光の各パワー値を各々検出器6, 7, 9, 11により検出する。そして、CPU16は、各検出器によって検出された各パワー値と各偏光子の各々の偏波面の角度とに基づいて解析対象たる光の偏光状態を演算する。



17: 波長可変光源

24: 被測定光学デバイス

1, 2, 3: ビームスプリッタ

5, 8, 10, 18: 偏光子

6, 7, 9, 11: 検出器

12, 13, 14, 15: A/Dコンバータ

4, 19: 1/4波長板

20: 1/2波長板

21, 22: モータ

23: モータ制御回路

16: CPU

1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 解析対象たる光を4分岐させる分岐手段と、

前記分岐手段より得られた各分岐光から各々偏波面が相互に所定角度ずつ回転した偏波を生成する偏波生成手段と、

前記偏波生成手段から得られる各偏波の各パワー値を各々検出する検出手段と、

前記各パワー値と前記偏波生成手段から得られる各偏波の偏波面間の回転角度とに基づいて前記解析対象たる光の偏光状態を演算する演算手段とを具備することを特徴とする偏光解析装置。

【請求項2】 任意の波長のレーザ光を出射する波長可変光源と、

前記レーザ光から所定の偏光状態を有する偏光を生成して被測定光学デバイスに入射させる偏光手段と、

前記被測定光学デバイスからの出射光を4分岐させる分岐手段と、

前記分岐手段より得られた各分岐光から各々偏波面が相互に所定角度ずつ回転した偏波を生成する偏波生成手段と、

前記偏波生成手段から得られる各偏波の各パワー値を各々検出する検出手段と、

前記各パワー値と前記偏波生成手段から得られる各偏波の偏波面間の回転角度とに基づいて前記被測定光学デバイスの出射光の偏光状態を前記レーザ光の各波長毎に演算し、この演算結果に基づいて前記被測定光学デバイスの偏波モード分散を演算する制御手段とを具備することを特徴とする偏波モード分散測定装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】この発明は、レーザ光の偏光状態を高速度で解析することができる偏光解析装置およびこの偏光解析装置を応用した偏波モード分散測定装置に関する。

【0002】

【従来の技術】従来、光ファイバの偏波モード分散測定装置として、「PROCEEDINGS OF 42ND INTERNATIONAL WIRE AND CABLE SYMPOSIUM (EWCS'93)」November 1993, pp 657-658」に記載されたものがあった。

【0003】この偏波モード分散測定装置の構成を図3を参照して説明する。図3において、31はLEDのような広範囲に亘った様々な波長の光を発する光源であ *

$$\tau = (K/2c \cdot n) \sum \{ \lambda_{i+1} \cdot \lambda_i / (\lambda_{i+1} - \lambda_i) \} \quad (1)$$

ここに、 $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_i, \lambda_{i+1}, \dots, \lambda_n$ は、光スペクトルアナライザ35によって求められた偏光子36の透過光のスペクトルの包絡線においてスペクトル強度が最大となる波長である。さらに詳述すると、これらの各波

2

*る。32は光源31から到来する光のうち所定方向の偏波面を有する直線偏光のみを透過する偏光子である。33は1/4波長板、34は1/2波長板34であり、偏光子32を透過した直線偏光はこれらを通して被測定ファイバ35に入射する。この偏波モード分散測定装置は、この被測定ファイバ35の偏波モード分散を測定するものである。被測定ファイバ35の出力光は、偏光子36を介して光スペクトルアナライザ37に入射する。38、39および40は各々1/4波長板33、1/2波長板34および偏光子36を回転させるためのモータである。41はコンピュータであり、モータドライバ回路42を介してモータ38~39の回転角度を制御すると共に光スペクトルアナライザ37の制御を行う。

【0004】次にこの偏波モード分散測定装置の動作を説明する。この装置においては、1/4波長板33および1/2波長板34の回転角度を制御することにより、被測定ファイバ35に対する入射光の偏光状態が所定の状態に調整される。そして、被測定ファイバ35に偏光された光が入射すると、この光は被測定光ファイバ35を通過することにより偏波状態が変化する。その様子を図4に示す。

【0005】まず、被測定光ファイバ35に入射する光の偏光状態は、波長とは無関係に図4の(a)に例示する偏波状態となっている。この光が被測定ファイバ35を通過するとその出射光の偏波状態は図4の(b)→(c)→(d)→...→(j)→(b)→...のように、波長に依存して変化する。かかる被測定ファイバ35の出射光は偏光子36を通過することとなるが、この偏光子36のスペクトルを光スペクトルアナライザ37によって求めると図5のようになる。図5において、(a)は長さ0.85mのPMF (Polarization Maintaining Fiber) を被測定ファイバ35として使用した場合、(b)は長さ1.6kmのDSF (Dispersion Shifted Fiber) を被測定ファイバ35として使用した場合について、偏光子36のスペクトルを求めた結果である。同図の(a)では実線および破線によってスペクトルの包絡線が表されているが、実線は偏光子36の偏波面の角度を θ としたときの偏光子36の透過光のスペクトルを表しており、破線は角度を $\theta + \pi/2$ としたときの透過光のスペクトルを表している。

【0006】コンピュータ41は、光スペクトルアナライザ37によって求められた偏光子36の透過光のスペクトルに基づき、下記の式に従って被測定ファイバ35の平均偏波モード分散 τ を演算する。

長のうち $\lambda_2, \lambda_4, \dots$ は偏光子36の偏波面の角度を θ とした場合においてスペクトル強度が最大値となる各波長(すなわち、実線による包絡線のピーク点に相当)であり、波長 $\lambda_1, \lambda_3, \dots$ は偏波面の角度を $\theta + \pi/2$ とし

た場合においてスペクトル強度が最大値となる各波長（すなわち、破線による包絡線のピーク点に相当）である。また、 n は計算値の数、 c は光速、 K は光ファイバのモード結合状態に依存する一定定数である。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】ところで、上述した従来の偏波モード分散測定装置は、偏光子36から得られる透過光のスペクトルにおいて位相差が π となる波長 λ_1 、 λ_{1+1} の組合せを複数用いて偏波モード分散 τ の値を求めるものであるため、ある程度広い波長範囲での偏波モード分散 τ の測定には適するが、それより狭い波長範囲での測定をすることができないという問題があった。また、従来の装置は、光スペクトルアナライザを使用するため高額になってしまうという問題があった。また、光学デバイスの偏波依存性ロス（PDL）などの単色波長の偏波依存特性の測定を行うためには、光が被測定光学デバイスを通る際の通過前後の偏波状態の変化を各波長毎に求める必要があるが、かかる意義に適う装置がなく、その実現が困難であった。

【0008】本発明は、以上説明した事情に鑑みてなされたものであり、被測定光の偏光状態を簡単な装置構成によって測定することができる偏光解析装置を提供すると共にこの偏光解析装置を応用することにより狭い波長範囲における被測定光学デバイスの偏波モード分散の測定に適した偏波モード分散測定装置を提供することを目的としている。

【0009】

【課題を解決するための手段】請求項1に係る発明は、解析対象たる光を4分岐させる分岐手段と、前記分岐手段より得られた各分岐光から各々偏波面が相互に所定角度ずつ回転した偏波を生成する偏波生成手段と、前記偏波生成手段から得られる各偏波の各パワー値を各々検出する検出手段と、前記各パワー値と前記偏波生成手段から得られる各偏波の偏波面間の回転角度とに基づいて前記解析対象たる光の偏光状態を演算する演算手段とを具備することを特徴とする偏光解析装置を要旨とする。

【0010】請求項2に係る発明は、任意の波長のレーザ光を出射する波長可変光源と、前記レーザ光から所定の偏光状態を有する偏光を生成して被測定光学デバイスに入射させる偏光手段と、前記被測定光学デバイスからの出射光を4分岐させる分岐手段と、前記分岐手段より得られた各分岐光から各々偏波面が相互に所定角度ずつ回転した偏波を生成する偏波生成手段と、前記偏波生成手段から得られる各偏波の各パワー値を各々検出する検出手段と、前記各パワー値と前記偏波生成手段から得られる各偏波の偏波面間の回転角度とに基づいて前記被測定光学デバイスの出射光の偏光状態を前記レーザ光の各波長毎に演算し、この演算結果に基づいて前記被測定光学デバイスの偏波モード分散を演算する制御手段とを具備することを特徴とする偏波モード分散測定装置を要旨

とする。

【0011】

【作用】上記請求項1に係る発明によれば、簡単な装置構成により、解析対象たる光の偏光状態を求めることができる。また、上記請求項2に係る発明によれば、任意の波長における被測定光学デバイスの偏波モード分散を求めることができる。

【0012】

【実施例】以下、図面を参照し本発明の一実施例について説明する。

【0013】A. 実施例の構成

図1はこの発明の一実施例による偏波モード分散測定装置の構成を示す図である。図1に示すように、この偏波モード分散測定装置は、被測定光学デバイス24に入射光を与える光源部100と、被測定光学デバイス24から得られる出射光を解析する偏光解析部200とを有している。

【0014】まず、光源部100は、任意の波長のレーザ光を発射する波長可変光源17と、その出射光を透過する偏光子18と、この偏光子18から得られる光を任意の偏光状態に変化させるための1/4波長板19および1/2波長板20と、これらの波長板を回転させるモータ21および22と、これらのモータの回転角（すなわち、1/4波長板19および1/2波長板20の各々の角度）を制御するモータ制御回路23とにより構成されている。

【0015】次に偏光解析部200は、被測定光学デバイス24からの出射光を4分岐するビームスプリッタ1、2および3を有している。また、偏光解析部200は、ビームスプリッタ1からの第1の分岐光Aの強度を検出する検出器6と、ビームスプリッタ2からの第1の分岐光Bを透過する偏光子5と、この偏光子5の出射光B'の強度を検出する検出器7と、ビームスプリッタ3からの第1の分岐光Cを透過する偏光子8と、この偏光子8の出射光C'の強度を検出する検出器9と、ビームスプリッタ3からの第2の分岐光Dを順次透過する1/4波長板4および偏光子10と、偏光子10の出射光D'の強度を検出する検出器11とを有している。さらに偏光解析部200は、各検出器6、7、9および11から得られる検出結果をデジタル情報として出力するA/Dコンバータ12、13、14および15と、これらのデジタル情報を解析するCPU16とを有している。また、このCPU16は上述した光源部100内のモータ制御回路23を介して被測定光学デバイス24の入射光の波長を制御する。

【0016】B. 実施例の動作

(1) 被測定光学デバイス24の入射光の偏波状態の制御
被測定光学デバイス24には、光源部100により楕円偏光状態のレーザ光が与えられる。このレーザ光の光振

動方程式は下記の式(2a)および(2b)により与えられる。

$$E_x = a_1 \sin \omega t + E_0 \quad (2a)$$

$$E_y = a_2 \sin (\omega t - \delta) + E_0 \quad (2b)$$

ここに、 E_x はレーザ光を構成する電場の振動成分のうちx軸方向の成分、 E_y レーザ光を構成する電場の振動成分のうちy軸方向の成分、 a_1 は E_x の振幅、 a_2 は E_y の振幅、 δ はx成分とy成分の位相差、 t は時間、 ω はレーザ光の角振動数、 E_0 は自然光成分(不規則の光)である。上記式から明らかなように、光源部100から被測定光学デバイス24に入射するレーザ光の偏波状態は、3つの独立変数 a_1 、 a_2 および δ により決定され*

<場所A>

$$E_{x1} = k_1 (a_1 \sin \omega t_1 + E_0) \quad (3a)$$

$$E_{y1} = k_1 (a_2 \sin (\omega t_1 - \delta) + E_0) \quad (3b)$$

<場所B>

$$E_{x2} = k_2 (a_1 \sin \omega t_2 + E_0) \quad (4a)$$

$$E_{y2} = k_2 (a_2 \sin (\omega t_2 - \delta) + E_0) \quad (4b)$$

<場所C>

$$E_{x3} = k_3 (a_1 \sin \omega t_3 + E_0) \quad (5a)$$

$$E_{y3} = k_3 (a_2 \sin (\omega t_3 - \delta) + E_0) \quad (5b)$$

<場所D>

$$E_{x4} = k_4 (a_1 \sin \omega t_4 + E_0) \quad (6a)$$

$$E_{y4} = k_4 (a_2 \sin (\omega t_4 - \delta) + E_0) \quad (6b)$$

ここに、 k_1 、 k_2 、 k_3 、 k_4 は各ビームスプリッタの分岐定数に依存する定数である。また、 t_1 、 t_2 、 t_3 、 t_4 はそれぞれの場所に対応した時間である。

<場所D'>

$$E_{x4'} = k_4' (a_1 \sin \omega t_4 + E_0) \quad (7a)$$

$$E_{y4'} = k_4' (a_2 \sin (\omega t_4 - \delta - \pi/2) + E_0) \quad (7b)$$

ここに、 k_4' は波長板の透過損失を含める定数である。

【0020】そして、場所B、C、D'を通過した各光波は偏光子5、8および10を各々透過して場所B'、C'およびD'に至る。ここで、各偏光子5、8および10は相互に所定量回転した関係となっており、図5に★

<場所B'>

$$u_2 = E_{x2} \cos \alpha + E_{y2} \sin \alpha \quad (8)$$

<場所C'>

$$u_3 = E_{x3} \cos \beta + E_{y3} \sin \beta \quad (9)$$

<場所D'>

$$u_4 = E_{x4} \cos \gamma + E_{y4} \sin \gamma \quad (10)$$

【0021】そして、上述の場所Aを通過した光およびこれらの各場所B'、C'およびD'を通過する各光の

<検出器12>

$$P_1 \sim k_1^2 (a_1^2 + a_2^2 + E_0^2) \quad (11)$$

<検出器13>

$$P_2 \sim k_2^2 \{ (a_1 \cos \alpha + a_2 \cos \delta \sin \alpha)^2 + (a_2 \sin \delta \sin \alpha)^2 + E_0^2 / 2 \} \quad (12)$$

<検出器14>

*る。CPU16はモータ制御回路23を介して波長板19および20の各々の回転角度を調整することにより、上記3変数を制御し、被測定光学デバイス24に入射するレーザ光を所定の偏波状態とする。

【0017】(2)偏光解析部200の各分岐光の偏光状態

上記式(2a)、(2b)は一般的な光振動方程式であったので図1の場所Gでの光振動方程式を式(2a)、

(2b)と仮定することができる。このように仮定すると、偏光解析部200内の各場所A、B、C、Dでの光の振動方程式は各々次のように表される。

【0018】

※【0019】場所D'については、場所Dを通過し、1/4波長板4を透過した光波が通過するので、この場所D'における光振動方程式は次式に示すものとなる。

★示すようにOxを1/4波長板4の軸とすると、この波長板4の軸Oxに対して各偏光子5、8、10の方向角度は各々 α 、 β 、 γ となっている。従って、これらの各偏光子を通過して場所B'、C'およびD'に至る各光波の光振動方程式は次のようになる。

強度を検出器12、13、14および15によって検出すると、各強度 $P_1 \sim P_4$ は次のようになる。

7

8

$$P_3 \sim k_3^2 \{ (a_1 \cos \beta + a_2 \cos \delta \sin \beta)^2 + (a_2 \sin \delta \sin \beta)^2 + E_0^2 / 2 \} \quad (1.3)$$

<検出器15>

$$P_4 \sim k_4'^2 \{ (a_1 \cos \gamma - a_2 \sin \delta \sin \gamma)^2 + (a_2 \sin \delta \sin \gamma)^2 + E_0^2 / 2 \} \quad (1.4)$$

【0022】上記各式において、 α 、 β 、 γ は上述した通り偏光子の設定角度であり、既知の定数である。また、1/4波長板とビームスプリッタに依存する定数 k_1 、 k_2 、 k_3 、 k_4' については実験で調べることができる。従って、上記方程式(11)、(12)、(13)、(14)を連立させて解くことにより、被測定光学デバイス24の出射光の偏波状態を表す変数 a_1 、 a_2 、 δ を求めることができる。本実施例においては、各検出器6、7、9、11により上記の光パワーのアナログ測定値 $P_1 \sim P_4$ が得られるが、これらが各A/Dコンバータ12~15を通じてデジタルデータに変換され、CPU16に引き渡される。CPU16は、これらの測定値 $P_1 \sim P_4$ を用いて上記連立方程式(11)~(14)を解き、被測定光学デバイス24の出射光の偏光状態を求める。

*20

$$\lambda_1 \text{の時: } (\delta_1 / 2\pi) + m = \tau_1 c / (K \lambda_1) \quad (1.5)$$

$$\lambda_{i+1} \text{の時: } (\delta_{i+1} / 2\pi) + m = \tau_1 c / (K \lambda_{i+1}) \quad (1.6)$$

【0025】ここに、 τ_1 は偏波モード分散であり(λ_1 、 λ_{i+1})間隔が小さいので τ_1 がこの間隔で一定と仮定できる)、 δ_1 は波長 λ_1 のx成分とy成分の位相差(上記の測定で決定した値)、 c は光速、 m は自然数、 K は一定定数(光ファイバのモード結合状態に依存※

$$\tau_1 = K \Delta \delta \lambda_1 \lambda_{i+1} / \{ (\lambda_{i+1} - \lambda_1) 2\pi c \} \quad (1.7)$$

ここに、 $\Delta \delta = \delta_i - \delta_{i+1}$ (単位Rad)である。 τ_1 値は波長値に依存して変化するので波長を掃引し、(λ_1 、 λ_2)、(λ_2 、 λ_3)、…(λ_{i-1} 、 λ_{i+1})、…(λ_{i+1} 、 λ_{i+2})の各組合せについて式(17)によって各 τ_1 値を計算する。

【0027】

【発明の効果】請求項1に係る発明によれば、従来の装置に比べて簡単な構成により、偏光状態を高速で測定することができる。また、請求項2に係る発明によれば、波長の狭い範囲でも偏光状態の変化を算出することができ、光学デバイスの波長依存偏波特性も高速で測定することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の一実施例による偏波モード分散測定装置の構成図である。

【図2】 同実施例における各偏光子5、8、10について相対的な角度を説明する図である。

【図3】 従来の偏波モード分散測定装置の構成図である。

*【0023】(3) 光ファイバの偏波モード分散測定 被測定光学デバイス24がシングルモード光ファイバである場合を測定例として挙げ説明する。この光ファイバの偏波モード分散測定においては、CPU16による制御の下、波長可変光源17の波長を順次、 λ_1 、 λ_2 、… λ_i 、… λ_{i+1} に設定する。ここで、各波長は、各波長の組合せ(λ_i 、 λ_{i+1})に関し、位相差の差($\delta_i - \delta_{i+1}$)(δ_i 、 δ_{i+1} については後述)が π より小さくなるように設定する。そして、各波長毎に、被測定光学デバイス24の出射光の偏波状態を表す変数 a_1 、 a_2 、 δ を求め、この結果に基づいて出射光の電場のx成分とy成分の位相差 δ_1 を求める。

【0024】この場合、下記式(15)および(16)が成立する。

※する)である。また、 δ_{i+1} は波長 λ_{i+1} のx成分とy成分の位相差である。

【0026】そして、上記式(15)、(16)が成立することにより次式が成り立つ。

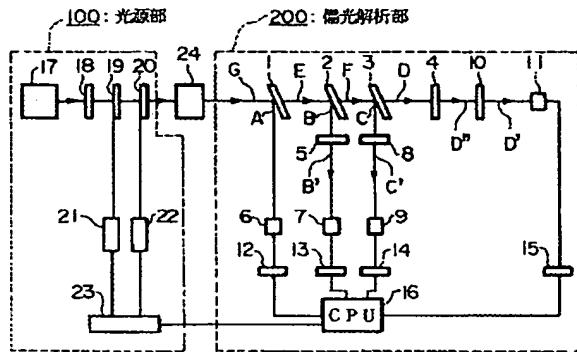
【図4】 図3の被測定光ファイバの入出力光の偏光状態を示す図である。

【図5】 図3の測定結果の例を示す図である。

【符号の説明】

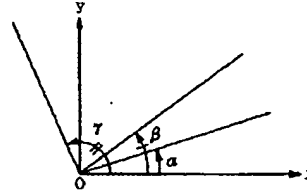
1, 2, 3	ビームスプリッタ
4	1/4波長板
5, 8, 10	偏光子 (以上、分岐手段)
6, 7, 9, 11	検出器
12~15	A/Dコンバータ
16	CPU (演算手段、制御手段)
17	波長可変光源
18	偏光子
19	1/4波長板
20	1/2波長板
21, 22	モータ
23	モータ制御回路
24	被測定光学デバイス

【図1】

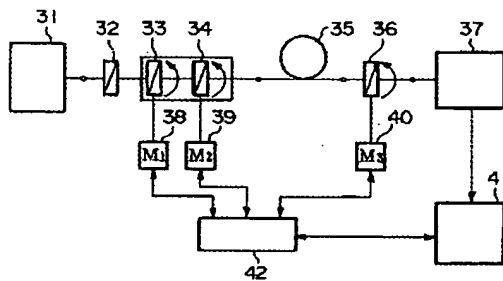


- 17: 波長可変光源
 24: 被測定光学デバイス
 1, 2, 3: ビームスプリッタ
 5, 8, 10, 18: 偏光子
 6, 7, 9, 11: 検出器
 12, 13, 14, 15: A/Dコンバータ
 4, 19: $1/4$ 波長板
 20: $1/2$ 波長板
 21, 22: モータ
 23: モータ制御回路
 16: CPU

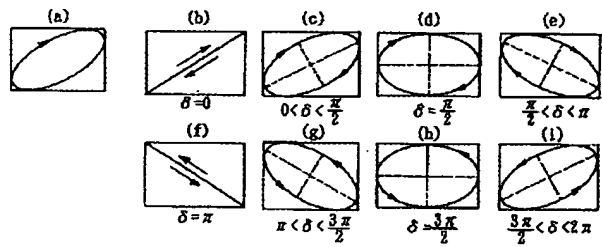
【図2】



【図3】



【図4】



【図5】

